

небольшого сечения, изготавливаемых в настоящее время из листовых среднеуглеродистых улучшаемых сталей. Улучшение предусматривает закалку из аустенитной области и высокий отпуск. При закалке среднеуглеродистых низколегированных сталей в качестве охлаждающей среды зачастую используется дорогое и неэкологичное масло. В работе ставилась задача на строительных сталях 09Г2С, ЕН36 и 10Г2ФБ изучить возможность после закалки в воде из межкритического интервала температур (МКИТ), более низких, чем обычно принятые, без последующего отпуска получить комплекс механических свойств, соответствующих среднеуглеродистым сталям после улучшения. Были выбраны следующие температуры нагрева под закалку в МКИТ: 760, 800 и 840 °С (выдержка составляла 2 мин/мм). Для сравнения закалка проводилась из аустенитной области - с 920 °С после аналогичной выдержки. С повышением температуры нагрева под закалку в МКИТ, особенно после перехода в аустенитную область, прочностные характеристики увеличиваются, а пластичность и ударная вязкость снижаются. Это объясняется увеличением количества аустенита в структуре сталей при нагреве до все более высоких температур и, соответственно, мартенсита после закалки, несмотря на уменьшающуюся в нем концентрацию углерода. Хорошее сочетание механических свойств у всех исследованных сталей получено после закалки из МКИТ с температуры 840° С. Прочностные свойства несколько ниже, чем после закалки из аустенитной области, но пластичность и ударная вязкость выше. Уровень механических свойств у всех исследованных строительных сталей после закалки из МКИТ (840° С) был не ниже, чем у среднеуглеродистых после закалки из аустенитной области и отпуска при 550-600° С ($\sigma_{0,2} = 750-950$ МПа, $\sigma_B = 900-1100$ МПа, $\delta = 10-12$ %, $\psi = 45-55$ %, $KCU = 0,5-1,0$ МДж/м²).

ВЫСОКАЯ ПЛАСТИЧНОСТЬ УЛУЧШАЕМЫХ СТАЛЕЙ СО СТРУКТУРОЙ НИЖНЕГО БЕЙНИТА И МЕТАСТАБИЛЬНОГО АУСТЕНИТА

Л. С. Малинов, проф., д-р техн. наук, Д. В. Бурова, ассистент,
канд. техн. наук, ГВУЗ «ПГТУ»

Л. С. Малиновым предложено использовать для повышения свойств сталей и чугунов получение в них многофазной структуры, в которой наряду с другими составляющими (мартенситом, бейнитом, карбидами, ферритом и др.) необходимо получать метастабильный аустенит и оптимизировать его количество и стабильность с учетом

исходных химического и фазового составов, а также условий нагружения при испытании механических свойств и эксплуатации.

На ряде среднеуглеродистых сталей Л. С. Малиновым и А. П. Чейляхом после изотермической закалки магнитометрическим методом установлена кинетика превращения остаточного аустенита в мартенсит деформации и ее влияние на механические свойства при испытании образцов на кручение. Показано, что только оптимальные количество остаточного аустенита в структуре и развитие деформационного мартенситного превращения позволяют получить наиболее высокую пластичность при достаточной прочности.

А. А. Петрунчиковым с соавторами на стали 38ГС после изотермической закалки из межкритического интервала температур (МКИТ) получено при $\sigma_B = 960$ МПа относительное удлинение $\delta = 36$ %, что также обусловлено превращением остаточного аустенита (15-25 %) в мартенсит деформации при испытании механических свойств. В данной работе ставилась задача выяснить возможность получения повышенной пластичности при близких значениях временного сопротивления (не менее 960 МПа) у ряда широко применяемых в промышленности улучшаемых сталей 30ХГСА, 38ХС, 40ХН2МА после их изотермической закалки из МКИТ.

В отличие от известного способа изотермической закалки, предусматривающего применение расплавов солей и щелочей, такая закалка проводилась с охлаждением и изотермической выдержкой по схеме «вода-печь». Охлаждение из МКИТ осуществлялось в воде до температуры изотермы, а выдержка при ней была в печи.

Количество остаточного аустенита до и после испытаний механических свойств на растяжение определялось рентгеновским методом. Проводились также электронно-микроскопические исследования стали 30ХГСА после изотермической закалки,

Во всех исследованных сталях после рациональных режимов изотермической закалки с нагревом в МКИТ получен уровень механических свойств не ниже следующего: $\sigma_{0.2} = 900$ МПа, $\sigma_B = 1000$ МПа, $\delta = 20$ %, $\psi = 55$ %, $KCU = 1,0$ МДж/м².

В структуре наряду с нижним бейнитом и небольшим количеством феррита (~15 %) присутствует остаточный аустенит, доля которого составляет не менее 20 %. Он полностью превращался в мартенсит в зоне разрушения образцов. Об этом свидетельствуют данные рентгеновского фазового анализа. Нижний бейнит имеет реечное строение. В рейках карбиды отсутствуют. Остаточный аустенит располагается по границам реек, что обнаружено при электронноскопических исследованиях.

Повышенный уровень пластичности, не достижимый улучшением, при близких прочностных свойствах у среднеуглеродистых сталей после изотермической закалки по рациональному режиму обусловлен получением бескарбидного бейнита, присутствием в структуре небольшого количества равномерно распределенного очищенного от примесей феррита и реализацией ПНП-эффекта.

Следует подчеркнуть, что изотермическая закалка из МКИТ без применения расплавов солей и щелочей является энергосберегающим и экологически чистым способом термообработки. Он может заменить в ряде случаев изотермическую закалку, проводимую по типовой технологии, и улучшение. В первом случае исключается применение расплавов солей и необходимость их утилизации, а также промывка деталей после термообработки. Во втором случае нет необходимости в проведении после закалки высокого отпуска, что снижает энергозатраты на термообработку.

Использованный в работе способ изотермической закалки из МКИТ с охлаждением в воде и изотермической выдержкой в печи достаточно прост и легко может быть реализован в промышленных условиях.

ПОВЫШЕНИЕ СВОЙСТВ СТАЛЕЙ И ЧУГУНОВ ЗА СЧЕТ ОБРАБОТОК, СОЗДАЮЩИХ В СТРУКТУРЕ НАРЯДУ С ДРУГИМИ СОСТАВЛЯЮЩИМИ МЕТАСТАБИЛЬНЫЙ АУСТЕНИТ

Л. С. Малинов, проф., д-р техн. наук, ГВУЗ «ПГТУ»

Ресурсосбережение в настоящее время является одной из важнейших задач. Автором предложено и развивается перспективное направление по использованию внутреннего ресурса сталей и чугунов, суть которого заключается в получении многофазных структур (мартенсит, феррит, бейнит, карбиды, карбонитриды, интерметаллиды и их разнообразное сочетание), основной составляющей которых является метастабильный аустенит. Согласно нашим исследованиям, он оказывает положительное влияние на свойства, если его количество и стабильность оптимизированы с учетом исходного химического и фазового составов сплавов, а также условий испытаний и эксплуатации. При этом важно использовать сочетание различных механизмов упрочнения и сопротивления разрушению. Во многих случаях целесообразно применять известные способы термообработки. Однако для обеспечения оптимального количества аустенита в структуре и степени его стабильности режимы обработок должны быть